

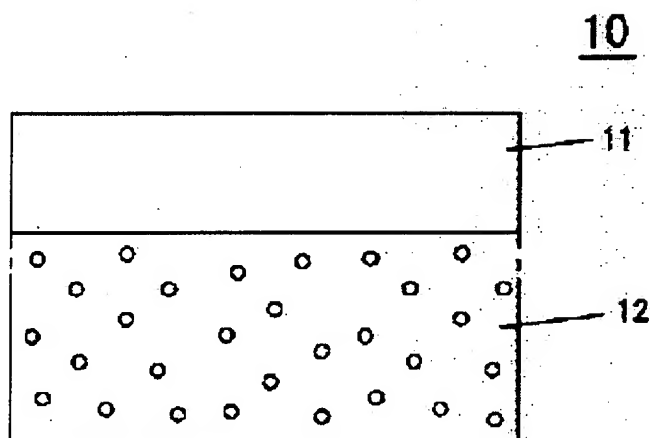
SILICON WAFER AND ITS MANUFACTURING METHOD

Patent number: JP2002134516
Publication date: 2002-05-10
Inventor: NAKADA YOSHINOBU; SHIRAKI HIROYUKI
Applicant: MITSUBISHI MATERIALS SILICON CORP
Classification:
- international: H01L21/322; H01L21/26
- european:
Application number: JP20000326466 20001026
Priority number(s):

Abstract of JP2002134516

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a silicon wafer which is a low-oxygen silicon wafer, has a DZ layer of an uniform thickness on a surface layer, and has an IG layer inside the wafer.

SOLUTION: The low-oxygen silicon wafer is low-temperature heat-treated at 550-800 deg.C and high-temperature heat-treated at 1,000-1,200 deg.C after a oxygen-precipitation core is produced in the wafer. Thereby, the oxygen in the surface layer of the wafer is diffused from the wafer surface to the outside, the oxygen- precipitation core is stabilized (more than a critical core), and the DZ layer is produced. When the wafer is then heated at 750-1,100 deg.C, oxygen is trapped by the oxygen-precipitation core inside the wafer, and an oxygen deposit grows. As the result, the IG layer 12 is formed. Thus, even if in the low-oxygen silicon wafer 10, the DZ layer 11 having an uniform width in the direction of thickness is formed on the surface layer of the wafer, and the wafer where the IG layer 12 is formed inside is attained.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-134516

(P2002-134516A)

(43)公開日 平成14年5月10日(2002.5.10)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 21/322

H 0 1 L 21/322

Y

21/26

21/26

F

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-326466(P2000-326466)

(22)出願日 平成12年10月26日(2000.10.26)

(71)出願人 000228925

三菱マテリアルシリコン株式会社

東京都千代田区大手町一丁目5番1号

(72)発明者 中田 嘉信

東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三

菱マテリアルシリコン株式会社内

(72)発明者 白木 弘幸

東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三

菱マテリアルシリコン株式会社内

(74)代理人 100094215

弁理士 安倍 逸郎

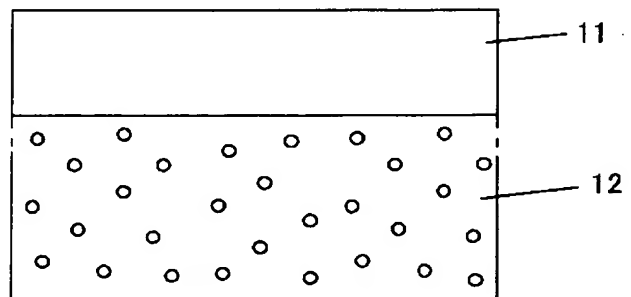
(54)【発明の名称】 シリコンウェーハおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 低酸素シリコンウェーハで、表層に厚さが均一なDZ層を有し、ウェーハ内部にIG層を有するシリコンウェーハおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 低酸素シリコンウェーハを550～800℃で低温熱処理し、ウェーハ中に酸素析出核を生成後1000～1200℃で高温熱処理する。よってウェーハ表層の酸素がウェーハ表面から外方拡散され、酸素析出核が安定化(臨界核以上)し、DZ層11が現出する。次にウェーハを750～1100℃で加熱するとウェーハ内部の酸素析出核に酸素が捕獲され、酸素析出物が成長する。結果、IG層12が形成される。よって低酸素のシリコンウェーハ10であっても、ウェーハ表層に厚さ方向の幅が均一なDZ層11が形成され、ウェーハ内部にIG層12が形成されたウェーハが得られた。

10



【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸素濃度が低い低酸素シリコンウェーハを550～800℃で低温熱処理して、この低酸素シリコンウェーハに酸素析出核を生成し、次いでこの低酸素シリコンウェーハを1000～1200℃で高温熱処理して、この低酸素シリコンウェーハの表層にDZ層を形成するとともに、前記低温で形成した酸素析出核を臨界核以上まで大きくして安定化し、その後、この低酸素シリコンウェーハを750～1100℃で加熱することによって、この低酸素シリコンウェーハの内部の酸素析出核に酸素を捕獲して酸素析出物を成長させることによって、IG層を形成したシリコンウェーハ。

【請求項2】 前記低温熱処理が、窒素ガス、アルゴンガス、酸素ガス、水素ガスおよびこれらの混合ガスのうち、何れか1つのガスを用いた雰囲気で行われた請求項1に記載のシリコンウェーハ。

【請求項3】 前記低温熱処理から高温熱処理へ移行する際のランプレートを0.05～5℃/分とした請求項1または請求項2に記載のシリコンウェーハ。

【請求項4】 酸素濃度が低い低酸素シリコンウェーハを550～800℃で低温熱処理して、該低酸素シリコンウェーハに酸素析出核を生成する工程と、該酸素析出核が生成された低酸素シリコンウェーハを1000～1200℃で高温熱処理して、該低酸素シリコンウェーハの表層にDZ層を形成するとともに、前記低温で形成した酸素析出核を臨界核以上まで大きくして安定化する工程と、該DZ層が形成された低酸素シリコンウェーハを750～1100℃で加熱することにより、ウェーハ内部の酸素析出核に酸素を捕獲させて酸素析出物を成長させ、ウェーハ内部にIG層を形成する工程とを備えたシリコンウェーハの製造方法。

【請求項5】 前記低温熱処理が、窒素ガス、アルゴンガス、酸素ガス、水素ガスおよびこれらの混合ガスのうち、何れか1つのガスを用いた雰囲気で行われる請求項1に記載のシリコンウェーハの製造方法。

【請求項6】 前記低温熱処理から高温熱処理へ移行する際のランプレートを0.05～5℃/分である請求項1または請求項5に記載のシリコンウェーハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はシリコンウェーハ、およびその製造方法、詳しくは酸素が析出しにくい低酸素シリコンウェーハ（例えばピュアシリコンウェーハ）の内部に、IG層を形成させたシリコンウェーハおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】通常、デバイス製造プロセスで取り扱われるCZシリコン単結品には、 $0.5 \times 10^{17} \sim 1.1 \times 10^{17}$ 原子/cm³ という固溶度以上の酸素が

不純物として混入されている（新ASTM）。つまり、CZシリコン中、酸素は常に過飽和状態で存在しており、その結果、各種の熱処理によって、ウェーハ内部に酸素が酸化シリコン（酸素析出物）として析出されることになる。そこで近年、磁界引き上げ方式のMCZ法などにより、酸素濃度が 0.5×10^{17} 原子/cm³ 以下の低酸素シリコンウェーハが作製されている（新ASTM）。MCZ法によれば、磁界印加によってシリコンの融液対流を抑制し、石英坩堝からシリコン融液中に溶け込む酸素量を減らすことができる。低酸素シリコンウェーハは、一般的なシリコンウェーハよりも酸素濃度が低い。そのため、熱処理してもシリコンウェーハの内部に酸化シリコンは析出されない。

【0003】ところが、最近になって、デバイスメーカーから、低酸素シリコンウェーハの内部にIG層を形成して、デバイスが作製されるDZ層に存在する重金属をゲッターリング可能なシリコンウェーハの開発が求められてきた。従来、この要請への対策として、例えばハロゲンランプを有する短時間アニール装置（RTA）を採用したランプアニール法、または、700℃程度の低い温度を維持して熱処理する低温熱処理法などが知られていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前者のランプアニール法によれば、そのランプレートが25～100℃/秒と高い。また、加熱炉に挿入されたシリコンウェーハは、そのウェーハ外周部が環状のサセプタまたは3本のピンによって支持される。そのため、シリコンウェーハは、この支持状態でハロゲンランプにより短時間で1200℃まで昇温される。これにより、特にシリコンウェーハの支持部分やウェーハ外周部に、スリップなどが発生するおそれがあった。また、後者の低温熱処理法にあつては、前述したように加熱の開始時から終了時まで、シリコンウェーハは700℃の低温で熱処理されている。これにより、得られたDZ層の厚さ方向の幅は10μm以下で、形成された酸素析出核が不安定になっていた。そのため、デバイスを作製するにはDZ層が薄すぎるという問題点があった。

【0005】そこで、発明者は、鋭意研究の結果、低酸素シリコンウェーハであっても、まず低温熱処理（550～800℃）によりウェーハ中に酸素析出核を生成し、次いでウェーハ表層にDZ層を形成し、析出核を臨界核以上まで大きくして安定化させる高温熱処理（1000～1200℃）を施すという2段階の加熱処理を行えば、その後、低酸素シリコンウェーハを750～1000℃で加熱して、ウェーハ内部の酸素析出核に酸素を捕獲させて酸素析出物を成長させることにより、低酸素シリコンウェーハであっても、厚さ方向の幅が均一で大きなDZ層が形成されたIG層を有する低酸素シリコンウェーハを作製することができることを見出し、この発

明を完成させた。また、低温熱処理から高温熱処理に移行する際のランプレートが従来のRTA装置よりも低い加熱装置を採用することで、急加熱・急冷却を原因とするウェーハのスリップの発生を解消することができることも見出し、この発明を完成させた。

【0006】

【発明の目的】この発明は、低酸素シリコンウェーハでありながら、ウェーハ表層に厚さ方向の幅が均一で大きなDZ層を有し、かつウェーハ内部にIG層を有するシリコンウェーハおよびその製造方法を提供することを、その目的としている。また、この発明は、DZ層の酸素濃度を低下させることができるシリコンウェーハおよびその製造方法を提供することを、その目的としている。さらに、この発明は、ウェーハのスリップの発生を解消することができるシリコンウェーハおよびその製造方法を提供することを、その目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、酸素濃度が低い低酸素シリコンウェーハを550～800℃で低温熱処理して、この低酸素シリコンウェーハに酸素析出核を生成し、次いでこの低酸素シリコンウェーハを1000～1200℃で高温熱処理して、この低酸素シリコンウェーハの表層にDZ層を形成するとともに、前記低温で形成した酸素析出核を臨界核以上まで大きくして安定化し、その後、この低酸素シリコンウェーハを750～1100℃で加熱することで、この低酸素シリコンウェーハの内部の酸素析出核に酸素を捕獲して酸素析出物を成長させることによって、IG層を形成したシリコンウェーハである。

【0008】この低酸素シリコンウェーハは、例えばMCZ法などによる引き上げ後、ウェーハ加工された酸素濃度が低い、例えば 0.5×10^{17} 原子/cm³以下のシリコンウェーハである。ここで、低酸素シリコンウェーハであるピュアシリコンウェーハの製造方法を概略説明する。ピュアシリコンウェーハの具体的な作製方法の一例が、特開平8-330316号公報の「シリコン単結晶ウェーハおよびその製造方法」に記載されている。この公開特許公報によるピュアシリコンウェーハの作製方法を説明する。

【0009】すなわち、まずCZ法による単結晶シリコンインゴットを引き上げる際に、引き上げ速度をV (mm/min)とし、シリコン融点から1300℃までの温度範囲における引き上げ幅方向の結晶内温度勾配の平均値をG (℃/mm)とすると、V/G値を、結晶中心位置から、結晶外周より半径方向内側へ30mmの位置までのインゴット中心部領域では0.20～0.22 mm²/℃・minとし、この結晶外周より半径方向内側へ30mmの位置から、結晶外周位置までのインゴット外周部領域では0.20～0.22 mm²/℃・minとするか、もしくは結晶外周に向かって徐々に増加

させて、この単結晶シリコンインゴットを低速引き上げにより作製する。これにより、単結晶シリコンインゴット中から、酸化誘起体積欠陥を含む欠陥が排除される。その後、こうして得られた単結晶シリコンインゴットを、順次、ブロック切断、スライス、面取り、研磨することにより、ピュアシリコンウェーハが作製される。

【0010】低酸素シリコンウェーハの加熱炉の種類は限定されない。例えば、バッチ式の縦型炉や横型炉などが挙げられる。低温熱処理時のウェーハ加熱温度が550℃未満では酸素析出核が形成されないおそれがある。また、800℃を超えると酸素析出核が形成されず、すでに存在している酸素析出核が粗大化するおそれがある。低温熱処理時の加熱時間は0.5～5時間、好ましくは1～3時間である。0.5時間未満では十分な酸素析出核が形成されないおそれがある。また、5時間を超えると生産性が低下するおそれがある。

【0011】低温熱処理時の炉内の雰囲気ガスは限定されない。例えば、窒素ガス、アルゴンガスといった不活性ガスなどが挙げられる。また、活性を有する水素ガスでもよい。低温熱処理時の雰囲気ガスの流量は、5～40リットル/分、好ましくは10～20リットル/分である。5リットル/分未満では、パージが十分でなく、シリコンウェーハが炉内の不純物によって汚染される可能性がある。また、40リットル/分を超えると、シリコンウェーハ間の温度が不均一になったり、ガス消費量が多くなって不経済になるおそれがある（ただし、ガス流量は、加熱炉の容積などに依存する）。

【0012】酸素析出核の生成は、一般的に、低温熱処理というプロセスで行われる。高温熱処理時のウェーハ加熱温度が1000℃未満では、主成した酸素析出核の安定化（臨界核以上の大きさへの成長）が図れない。また、1200℃を超えると、炉内の不純物によりシリコンウェーハが汚染されたり、シリコンウェーハにスリップが発生したりするおそれがある。このように、低温熱処理ウェーハに高温熱処理を施すと、ウェーハ表層では酸素が外方へ拡散する一方、ウェーハ内部では、低温熱処理時に生じた酸素析出核に酸素が捕獲され、これが臨界核以上の大きさまで成長されることになる。高温熱処理時の加熱時間は1～7時間、好ましくは3～5時間である。1時間未満では酸素析出核の安定化が図れないことがある。また、7時間を超えると熱処理炉からのシリコンウェーハへの汚染やスリップが発生するおそれがある。低温熱処理から高温熱処理への移行する際のランプレートは限定されない。

【0013】高温熱処理時の炉内の雰囲気ガスは限定されない。例えば、請求項2および請求項4のアルゴンガスのほか、水素ガスなどが挙げられる。この水素ガスを採用すると、高温熱処理時における酸素のウェーハ外方への拡散速度を増加させることができる。これは、ウェーハ表面に酸化膜が形成されないことから酸素濃度がゼ

口の条件が酸素の拡散を促進させたり、高温の水素還元作用によって析出酸素の溶解作用も発生するためと考えられる。高温熱処理時の雰囲気ガスの流量は、5～40リットル/分、好ましくは10～20リットル/分である。5リットル/分未満ではバージが不十分で、シリコンウェーハが炉内の不純物によって汚染されるおそれがある。また40リットル/分を超えると炉内の温度の均一性が低下する懸念がある。

【0014】DZ層の厚さは10～100 μ m、好ましくは10～50 μ mである。10 μ m未満ではデバイスのリーク不良が発生するおそれがある。また、100 μ mを超えるとデバイス近傍でのゲッターリングの能力が低下するおそれがある。

【0015】酸素析出核の成長を促す加熱時（以下、析出核成長熱処理時）の好ましい温度は900～1100℃である。750℃未満では、酸素析出核が小さくて、析出核が成長しないおそれがある。また、1100℃を超えると、酸素析出核が粗大化したり、小さい酸素析出核が消失して密度が低下したりするおそれがある。析出核成長加熱時の加熱時間は10～20時間、好ましくは14～18時間である。10時間未満では酸素析出核が十分に成長しない。また、18時間を超えると、酸素析出核が粗大化し過ぎて、シリコンウェーハが歪むおそれがある。析出核成長加熱時のランプレートは1～10℃/分、特に3～5℃/分が好ましい。1℃/分未満では処理時間がかかり過ぎて不経済になりやすい。また、10℃/分を超えるとシリコンウェーハにスリップが発生するおそれがある。

【0016】析出核成長加熱時の炉内の雰囲気ガスは限定されない。例えば、窒素（N₂）/酸素（O₂）ガスなどが挙げられる。高温熱処理時の雰囲気ガスの流量は5～40リットル/分、好ましくは10～20リットル/分である。5リットル/分未満では、バージが十分でなく、シリコンウェーハが汚染されるおそれがある。また、40リットル/分を超えると炉内の温度の均一性が低下する懸念がある。これらの事項は、請求項4にも該当する。

【0017】請求項2に記載の発明は、前記低温熱処理が、窒素ガス、アルゴンガス、酸素ガス、水素ガスおよびこれらの混合ガスのうち、何れか1つのガスを用いた雰囲気で行われた請求項1に記載のシリコンウェーハである。ガスの流量は5～40リットル/分、好ましくは10～20リットル/分である。5リットル/分未満ではバージが十分でなく、シリコンウェーハが汚染されるおそれがある。また、40リットル/分を超えると、炉内の温度の均一性が低下するおそれがある。これらの事項は、請求項5にも該当する。

【0018】請求項3に記載の発明は、前記低温熱処理から高温熱処理へ移行する際のランプレートを0.05～5℃/分とした請求項1または請求項2に記載のシリ

コンウェーハである。好ましいランプレートは1～3℃/分である。0.05℃/分未満では経済的に問題が生じることがある。また、5℃/分を超えると、均一に酸素析出核が形成されないおそれがある。これらの事項は、請求項6にも該当する。

【0019】請求項4に記載の発明は、酸素濃度が低い低酸素シリコンウェーハを550～800℃で低温熱処理して、該低酸素シリコンウェーハに酸素析出核を生成する工程と、該酸素析出核が生成された低酸素シリコンウェーハを1000～1200℃で高温熱処理して、該低酸素シリコンウェーハの表層にDZ層を形成するとともに、前記低温で形成した酸素析出核を臨界核以上まで大きくして安定化する工程と、該DZ層が形成された低酸素シリコンウェーハを750～1100℃で加熱することにより、ウェーハ内部の酸素析出核に酸素を捕獲させて酸素析出物を成長させ、ウェーハ内部にIG層を形成する工程とを備えたシリコンウェーハの製造方法である。

【0020】請求項5に記載の発明は、前記低温熱処理が、窒素ガス、アルゴンガス、酸素ガス、水素ガスおよびこれらの混合ガスのうち、何れか1つのガスを用いた雰囲気で行われる請求項4に記載のシリコンウェーハの製造方法である。

【0021】請求項6に記載の発明は、前記低温熱処理から高温熱処理へ移行する際のランプレートが0.05～5℃/分である請求項4または請求項5に記載のシリコンウェーハの製造方法である。

【0022】

【作用】請求項1および請求項4の発明によれば、まず低酸素シリコンウェーハを加熱炉に挿入して550～800℃の低温で熱処理する。これにより、酸素濃度が低いウェーハではあるものの、この低酸素シリコンウェーハに、酸素析出核が均一に生成される。次に、この低温熱処理された低酸素シリコンウェーハを1000～1200℃の温度で高温熱処理する。これにより、ウェーハ表層に存在する酸素がウェーハ表面から外方に拡散する一方、ウェーハ内部では酸素析出核に酸素が捕獲され、これが臨界核以上の大きさまで成長して安定化する。このようなウェーハ表面からの酸素の拡散によって、低酸素シリコンウェーハの表層に不純物が極めて少ないDZ層が形成される。続いて、この高温熱処理された低酸素シリコンウェーハを、750～1100℃で加熱する。すると、ウェーハ内部で臨界核以上の大きさに達した酸素析出核に酸素が捕獲される。これにより、酸素析出物が成長して徐々にIG層が形成される。その結果、低酸素シリコンウェーハであっても、従来の低温熱処理だけによるIG層の形成方法では得られなかった、厚さ方向の幅が均一な完全度の高いDZ層を作製することができる。

【0023】特に、請求項2および請求項5の発明によ

れば、低温熱処理が窒素ガス、アルゴンガス、酸素ガス、水素ガスおよびこれらの混合ガスのうち、何れか1つのガスを用いた雰囲気で行われる。このうち、窒素は、一般にシリコン結晶を強化し、酸素析出物を消滅させる作用があると言われている。これは、拡散係数が高い窒素が、シリコン結晶中に容易に拡散して酸素析出物の位置に集積するためである。窒素ガスを採用した場合には、このような集積作用によって、低温熱処理時にウェーハ表層の酸素析出核を低減させることができる。これにより、高温熱処理時に発生する、DZ層の酸素析出物をさらに減らすことができる。

【0024】また、請求項3および請求項6の発明によれば、低温熱処理から高温熱処理へ移行する際のランプレートを $0.05 \sim 5^\circ\text{C}/\text{分}$ とする。したがって、低酸素シリコンウェーハをハロゲンランプなどで急加熱する従来のランプアニール法の問題点であったウェーハのスリップを解消することができる。すなわち、炉内温度は低温から高温へ比較的低い温度勾配で移行するため、低酸素シリコンウェーハの、ウェーハ支持部材との接触部分にスリップが発生しにくい。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施例を図面を参照して説明する。図1は、この発明の第1の実施例に係るシリコンウェーハの拡大断面図である。図2は、この発明の第1の実施例に係るシリコンウェーハの製造方法を示すフローシートである。図3は、この発明の第1の実施例に係るシリコンウェーハの製造方法における熱処理工程での炉内温度のプロファイルである。図1において、10は低酸素シリコンウェーハであり、この低酸素シリコンウェーハ10は、その表層に厚さ約 $1.5 \mu\text{m}$ のDZ層11が形成される一方、ウェーハ内部にIG層12が形成されている。

【0026】以下、図2および図3を参照して、この低酸素シリコンウェーハ10の製造方法を説明する。図2に示すように、この第1の実施例にあつては、スライス、面取り、ラップ、エッチング、表面研磨、仕上げ洗浄、低温熱処理、高温熱処理、析出核成長熱処理の各工程を経てシリコンウェーハ10が作製される。以下、各工程を詳細に説明する。

【0027】前記MCZ法により引き上げられた、酸素濃度が $0.7 \sim 1.0 \times 10^{17}$ 原子/cm³のシリコンインゴットは、スライス工程(S101)で、厚さ $860 \mu\text{m}$ 程度の8インチの低酸素シリコンウェーハにスライスされる。その後、このウェーハに面取り(S102)が施される。すなわち、ウェーハの外周部が $\phi 600 \sim \phi 1500$ のメタル面取り用砥石により、所定の形状に面取りされる。これにより、ウェーハ外周部は所定の丸みを帯びた形状(例えばMOS型の面取り形状)に成形される。

【0028】面取りされた低酸素シリコンウェーハは、

ラッピング工程(S103)でラッピングされる。具体的には、低酸素シリコンウェーハを、互いに平行に保たれたラップ定盤の間に配置し、アルミナ砥粒と分散剤と水の混合物であるラップ液を、ラップ定盤と低酸素シリコンウェーハとの間に流し込む。そして、加圧下で回転・すり合わせることで、ウェーハ表裏両面を機械的にラップする。この際のラップ量は、ウェーハの表裏両面を合わせて $40 \sim 80 \mu\text{m}$ 程度である。

【0029】続いて、このラッピング後のウェーハ(ラップドウェーハ)に、エッチングが施される(S104)。この場合には、ラップドウェーハを、フッ酸と硝酸とを混合した混酸液からなる酸性エッチング液に浸漬し、ラップ加工での歪み、面取り加工での歪みなどを除去している。酸エッチはシリコンウェーハとの反応性が高く、エッチング速度がアルカリエッチよりも速い。この際、エッチング温度は 50°C 、エッチング時間は30秒である。次に、エッチドウェーハの表面には、バッチ式の鏡面研磨装置を用いて鏡面研磨が施される(S105)。このときの研磨量は $12 \mu\text{m}$ 程度である。その後、鏡面ウェーハに洗浄工程(S106)が施される。具体的には、RCA系の洗浄とする。

【0030】得られた片面鏡面の低酸素シリコンウェーハは、次にウェーハ内部にIG層を形成するための2段階の熱処理が施される。具体的には、まず低酸素シリコンウェーハを、縦型加熱装置の加熱炉に挿入する。そして、ここで前段の低温熱処理(S107)と、後段の高温熱処理(S108)とを順に行う。図2に示すように、この炉内に窒素ガスが $20 \text{リットル}/\text{分}$ で供給される。この炉内に、低酸素シリコンウェーハを、 $5 \text{cm}/\text{分}$ の速度で、45分かけて搬入する。このときの炉内温度は 700°C である。次に、この 700°C を維持し、低温熱処理する。加熱時間は180分間である。これにより、ウェーハの全域で酸素析出核が生成される。この低温熱処理は、窒素ガスの雰囲気で行われている。この窒素はシリコンに対する拡散係数が高い。そのため、窒素がウェーハ表面から低酸素シリコンウェーハに容易に拡散し、ウェーハ表層に存在する酸素析出核に集積して、その総数を減らす。

【0031】その後、炉内雰囲気ガスを窒素ガスからアルゴンガス($20 \text{リットル}/\text{分}$)に変更するとともに、ランプレート $3^\circ\text{C}/\text{分}$ で炉内温度を徐々に高める。133.3分後、炉内温度は 1100°C に達し、この温度を120分間維持することで低酸素シリコンウェーハの高温熱処理を行う。これにより、ウェーハ表層に存在する酸素がウェーハ表面から外方に拡散される一方、ウェーハ内部の酸素析出核は臨界核以上の大きさまで成長して安定化し、低酸素シリコンウェーハの表層に酸素析出物がほとんど存在しないDZ層が形成される。このとき、低温熱処理時の雰囲気ガスに窒素ガスを採用して、あらかじめウェーハ表層の酸素析出核の総数を低減させてい

るので、高温熱処理後にDZ層11に存在する酸素析出物(酸素濃度)の総数は、例えば低温熱処理の雰囲気ガスにアルゴンガスなどの他の不活性ガスを採用した場合よりも低減する。これにより、単結晶シリコンからなるDZ層の純度をさらに高めることができる。その後、加熱炉の炉内温度をランプレート3℃/分で徐々に下げる。これにより、133.3分後には、炉内温度が700℃まで下がる。この温度に達したなら、雰囲気ガスをアルゴンガスから窒素ガスに変更し、5cm/分の速度で45分間かけて、DZ層を有する低酸素シリコンウェーハを炉外へ搬出する。

【0032】こうして得られた2段加熱処理後の低酸素シリコンウェーハは、その後、再び加熱炉の内部に挿入されて1000℃の析出核成長加熱(S109)が行われる。すると、ウェーハ内部で臨界核以上の大きさまで達していた酸素析出核に酸素が捕獲される。これにより、酸素析出核が酸素析出物へと成長し、ウェーハの内部にIG層12が形成される。このIG層12によって、例えばDZ層11に含まれる重金属などをゲッタリングすることができる。このように、第1の実施例では低温熱処理後に高温熱処理を施すようにしたので、従来の低温熱処理だけによるIG層の形成方法では得られなかった厚さ方向の幅が均一で完全性の高いDZ層を、この低酸素シリコンウェーハに作製することができる。また、ここでは低温熱処理から高温熱処理へ移行する際のランプレートを3℃/分とした。その結果、従来のランブアニール法の問題点であったウェーハのスリップを解消することができる。これは、縦型加熱装置を採用し、炉内温度を、低温から高温に比較的低い温度勾配で移行させて、低酸素シリコンウェーハのウェーハ支持部材と接触する部分にスリップを発生しにくくしたためである。なお、前述した臨界核まで達していない微小な酸素析出核は、この析出核の成長熱処理時に縮小または溶解してしまう。

【0033】次に、図4に基づいて、この発明の第2の実施例に係るシリコンウェーハおよびその製造方法を説明する。図4は、この発明の第2の実施例に係るシリコンウェーハの製造方法における熱処理工程での炉内温度のプロファイルである。この図4に示す第2の実施例では、低酸素シリコンウェーハの加熱炉内への搬入温度を変更する一方、2段階熱処理のうち、前段の低温熱処理の方法に第1の実施例とは異なる方法を採用した。

【0034】すなわち、加熱炉内に低酸素シリコンウェーハを搬入するときの炉内温度を550℃とする。それから、ランプレート1℃/分で炉内温度を徐々に上昇させて行き、150分後に炉内温度を700℃まで昇温する。その後、この温度を30分間維持する。このような炉内温度のプロファイルを設定したので、より微細な酸素析出核を均一に析出させ、それを安定化させることができる。その他の構成、作用、効果は第1の実施例と同

様であるので説明を省略する。

【0035】次に、図5に基づいて、この発明の第3の実施例に係るシリコンウェーハおよびその製造方法を説明する。図5は、この発明の第3の実施例に係るシリコンウェーハの製造方法における熱処理工程での炉内温度のプロファイルである。図5に示すように、この第3の実施例では、低酸素シリコンウェーハの加熱炉内への搬入温度を第2の実施例と同じ温度に変更する一方、前段の低温熱処理の方法を、第1の実施例および第2の実施例とは異なる方法とした。

【0036】すなわち、加熱炉内に低酸素シリコンウェーハを搬入する際の炉内温度を550℃とし、次いでこの炉内温度を550℃に保持し、そのまま180分、低温熱処理する。なお、低温熱処理の温度が第1の実施例の700℃よりも150℃だけ低いので、高温熱処理時に際し、ランプレート3℃/分で炉内温度を上昇させていくと、目標温度の1100℃に達するまでに、第1の実施例の133.3分より50分も長い183.3分がかかることになる。このような炉内温度のプロファイルを採用したので、より微細な酸素析出核を均一に分散させることができる。その他の構成、作用、効果は第1の実施例と同様であるので説明を省略する。

【0037】次に、図6に基づいて、この発明の低温熱処理および高温熱処理という2段階の熱処理を施し、さらに750～1100℃の酸素析出物の析出熱処理を行った低酸素シリコンウェーハについて、BMDのピーク密度、BMDのバルク密度、DZ層の厚さ方向の幅についての各試験データを報告する。図6(a)は、この発明の低酸素シリコンウェーハの中心部から外周部にかけてのBMDのバルク密度の分布を示すグラフである。図6(b)は、この発明の低酸素シリコンウェーハの中心部から外周部にかけてのDZ層の厚さ方向の幅を示すグラフである。なお、この試験時には、光学系のマクロスコープを用いて、400倍の倍率でBMDの個数をカウントした。

【0038】図6のグラフ中、条件1は第1の実施例の炉内温度のプロファイルにしたがって低酸素シリコンウェーハを2段階熱処理した際の試験データ、条件2は第2の実施例の炉内温度のプロファイルにしたがって低酸素シリコンウェーハを2段階熱処理した際の試験データ、条件3は第3の実施例の炉内温度のプロファイルにしたがって低酸素シリコンウェーハを2段階熱処理した際の試験データである。図6(a)の折れ線グラフから明らかなように、ウェーハ内部(バルク)は高いBMDの密度となっている。これにより、低酸素シリコンウェーハの内部に、酸素濃度が高いIG層が形成されていることが分かった。また、図6(b)の折れ線グラフから明らかなように、ウェーハ表層にはウェーハ厚さ方向の幅が10～20μmという、従来の低温熱処理だけでIG層を形成した場合に比べて、厚さ方向の幅が均一で大きなDZ

層が形成されていた。

【0039】

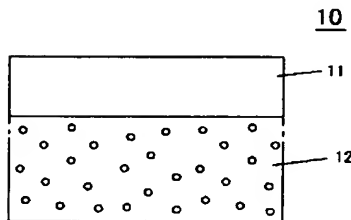
【発明の効果】この発明によれば、低酸素シリコンウェーハを低温熱処理して酸素析出核を生成させた後、これを高温熱処理してDZ層を形成し、次いで所定温度による析出核成長加熱を行うので、ウェーハ内部の酸素析出核を酸素析出物に成長させて、このウェーハ内部にIG層を形成させることができる。しかも、低温熱処理後に高温熱処理を施す工程としたので、DZ層の厚さ方向の幅を均一で大きくすることができる。

【0040】特に、請求項2および請求項5の発明によれば、低温熱処理時の炉内の雰囲気ガスとして窒素ガスを採用した場合には、窒素を低酸素シリコンウェーハの表面からその表層の酸素析出核に集積させて、DZ層の酸素濃度をさらに低減させることができる。

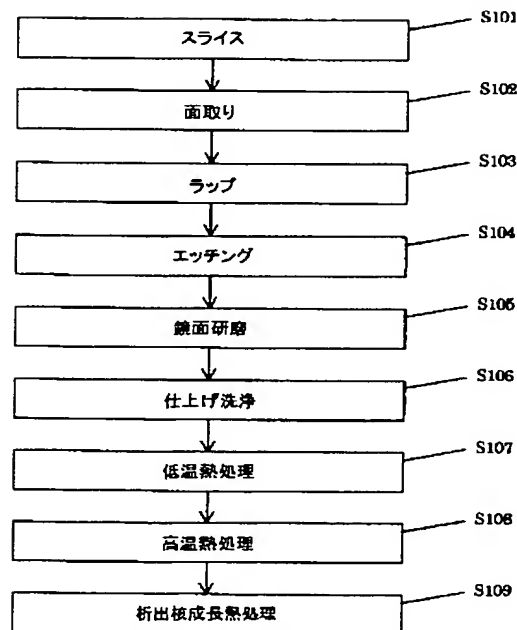
【0041】また、請求項3および請求項6の発明によれば、低温熱処理から高温熱処理へ移行する際のランプレートを0.05〜5℃/分としたので、低温熱処理から高温熱処理に移行する際に、従来法では低酸素シリコンウェーハを急加熱していたことで発生していたウェーハのスリップを解消することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】



【図2】



【図1】この発明の第1の実施例に係るシリコンウェーハの拡大断面図である。

【図2】この発明の第1の実施例に係るシリコンウェーハの製造方法を示すフローシートである。

【図3】この発明の第1の実施例に係るシリコンウェーハの製造方法における熱処理工程での炉内温度のプロファイルである。

【図4】この発明の第2の実施例に係るシリコンウェーハの製造方法における熱処理工程での炉内温度のプロファイルである。

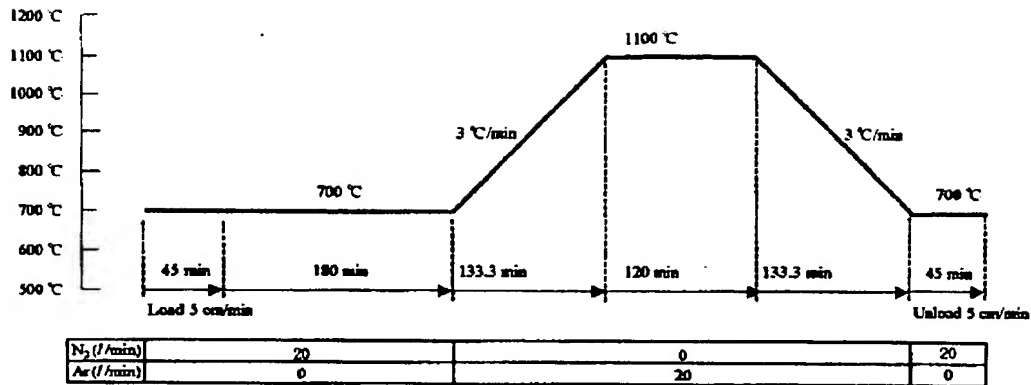
【図5】この発明の第3の実施例に係るシリコンウェーハの製造方法における熱処理工程での炉内温度のプロファイルである。

【図6】(a)は、この発明の低酸素シリコンウェーハの中心部から外周部にかけてのBMDのバルク密度の分布を示すグラフである。(b)は、この発明の低酸素シリコンウェーハの中心部から外周部にかけてのDZ層の厚さ方向の幅を示すグラフである。

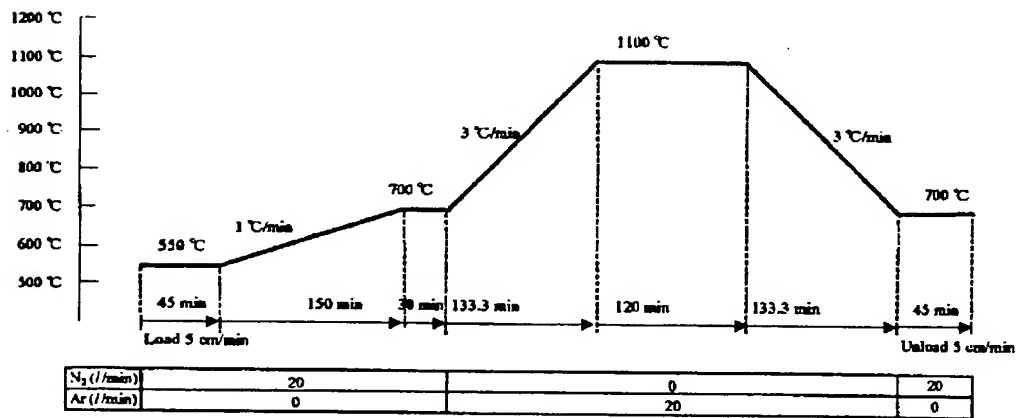
【符号の説明】

- 10 シリコンウェーハ、
- 11 DZ層、
- 12 IG層。

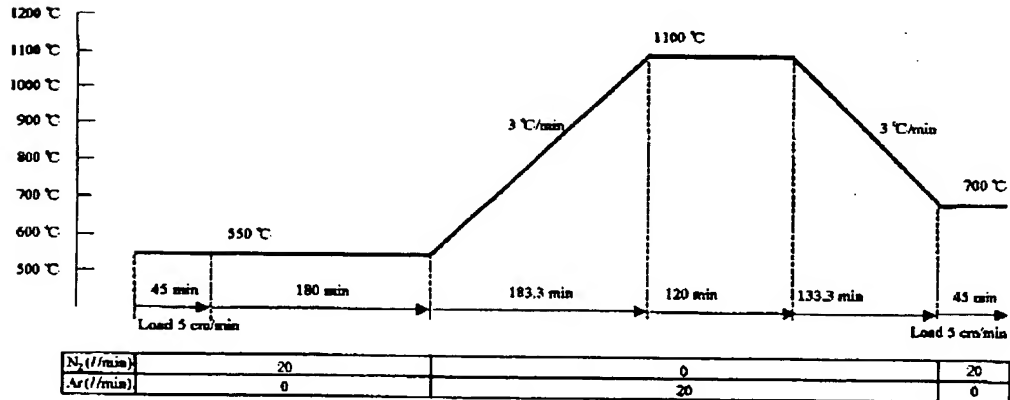
【図3】



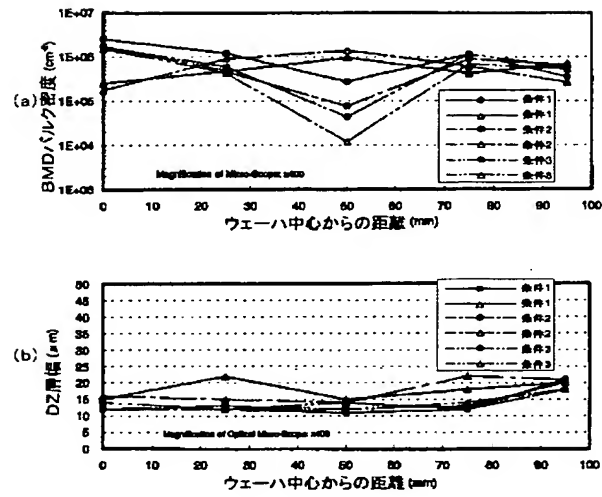
【図4】



【図5】



【図6】



THIS PAGE BLANK (USPTO)